



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 1 9 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 7 4 9 0 4
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 7 4 9 0 4]

出 願 人 富士写真フイルム株式会社
Applicant(s):



Toshiro HAYAKAWA Q80553
SURFACE-EMITTING SEMICONDUCTOR LASER
ELEMENT HAVING SELECTIVE-OXIDATION
TYPE OR ION-INJECTION TYPE CURRENT-.....
Filing Date: March 19, 2004
Darryl Mexic 202-293-7060
(1)

2 0 0 3 年 1 0 月 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫





【書類名】 特許願

【整理番号】 P27528J

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 5/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 早川 利郎

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100073184

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳田 征史

【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐久間 剛

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 面発光型半導体レーザ素子

【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaAs 基板上に少なくとも下部半導体多層膜からなる光共振器ミラー、活性層、選択酸化型またはイオン注入型の電流狭窄層および上部半導体多層反射膜からなる光共振器ミラーをこの順に積層してなる半導体層と、前記活性層に電流を注入する一対の電極とを備えてなり、前記半導体層の積層面に平行な表面からレーザ光を発する面発光型半導体レーザ素子において、

前記活性層が InGaAsP からなる量子井戸を有し、

該量子井戸に隣接して量子井戸より禁制帯幅が大きい InGaP または InGaAsP からなる層を有し、

前記光共振器ミラーがいずれも AlGaAs からなることを特徴とする面発光型半導体レーザ素子。

【請求項2】 前記量子井戸および InGaP または InGaAsP からなる層が、いずれも GaAs に格子整合する組成であることを特徴とする請求項1記載の面発光型半導体レーザ素子。

【請求項3】 前記量子井戸が GaAs に対して圧縮歪を有する組成であり、前記 InGaP または InGaAsP からなる層が GaAs に格子整合する組成であることを特徴とする請求項1記載の面発光型半導体レーザ素子。

【請求項4】 前記量子井戸が GaAs に対して圧縮歪を有する組成であり、前記 InGaP または InGaAsP からなる層が GaAs に対し引張り歪を有する組成であることを特徴とする請求項1記載の面発光型半導体レーザ素子。

【請求項5】 前記量子井戸が GaAs に対し引張り歪を有する組成であり、前記 InGaP または InGaAsP からなる層が GaAs に格子整合する組成であることを特徴とする請求項1記載の面発光型半導体レーザ素子。

【請求項6】 前記量子井戸が GaAs に対し引張り歪を有する組成であり、前記 InGaP または InGaAsP からなる層が GaAs に対して圧縮歪を有する組成であることを特徴とする請求項1記載の面発光型半導体レーザ素子。

【請求項7】 前記 InGaP または InGaAsP からなる層が、障壁層

であることを特徴とする請求項 1 から 6 いずれか 1 項記載の面発光型半導体レーザ素子。

【請求項 8】 前記 InGaP または InGaAsP からなる層が、スペーサ層であることを特徴とする請求項 1 から 6 いずれか 1 項記載の面発光型半導体レーザ素子。

【請求項 9】 前記レーザ光の発振波長帯が 730 nm から 820 nm までの範囲であることを特徴とする請求項 1 から 8 いずれか 1 項記載の面発光型半導体レーザ素子。

【請求項 10】 前記レーザ光の発振波長帯が 770 nm から 800 nm までの範囲であることを特徴とする請求項 1 から 8 いずれか 1 項記載の面発光型半導体レーザ素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、主に発光波長が 780 nm 帯の面発光型半導体レーザ素子に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

一般的に、短距離高速通信用の光リンクの光源としては、GaAs 基板上に作製した発振波長 850 nm の AlGaAs 系の面発光型半導体レーザ (Vertical Cavity Surface Emitting Laser; VCSEL) が用いられている。この波長帯の半導体レーザ素子が用いられている理由は、主に、AlGaAs 系の材料であって作製し易く、かつ現在主に用いられている石英ファイバの伝搬損失が低いためである。

【0003】

一方、家庭や装置内、装置間、自動車等の短距離通信では、コア径が大きく安価で取り扱いが容易な POF (Plastic Optical Fiber) を用いることが可能になってきている。POF は、コア直径が 100 ~ 1000 μ m と大きいため、アライメントが容易で送受信モジュールやファイバコネクタを安価にすることがで

きる。さらに先端加工や施工の容易さも P O F の特徴である。

【0004】

P O F の素材としては PMMA (ポリメチルメタクリレート) が一般的である。PMMA-P O F の低損失な波長域は限定され、特に高速な通信が可能な半導体レーザが実現されている波長として、650、780、850 nm の3波長に限定される。中でも、780 nm と 850 nm では、共振器形成から動作試験までをウェハレベルで実施でき、光ファイバとの結合が容易な VCSEL を光源として用いることが可能である。また、VCSEL としては、850 nm の素子の方が製造し易く、780 nm では 850 nm の素子と比較して信頼性が低下する傾向があると言われている。しかし、PMMA-P O F の損失は、850 nm 帯より 780 nm 帯の方が低く、より長距離の伝送が可能である。

【0005】

そこで、このような、780 nm 帯の信頼性低下を改善するため、Al を活性領域に含まない短波長域のリッジ構造の VCSEL が提案されている(例えば、特許文献1参照)。上記特許文献1には、短波長化を実現するために活性領域に Al を含む AlGaAs を用いると、結晶成長や素子製造プロセスでの AlGaAs への酸素の混入による非発光再結合センターの増加により、レーザ発振効率の低下を招くため、これを防止すべく、活性領域に Al を含まない GaAs 量子井戸と GaInP 障壁層を導入している。ここで、GaAsP は GaAs 基板を格子整合しないため引張り歪となるが、GaInP を圧縮歪としてトータルの歪を低減している。

【0006】

一方、Fabry-Perot 共振器を有する端面発光型のストライプレーザは、CD や CD-R の光源として、AlGaAs を活性領域に用いたものが広く用いられており、最近では CD-R 等の記録速度の向上のために 150 mW を超える高出力の素子も用いられるようになっている。端面発光型のストライプレーザの信頼性は活性層に Al を含まない素子が有利であることが知られている(例えば、非特許文献1参照)。端面発光型レーザの信頼性は、主にへき開端面の安定性に依存しており、端面は酸化され易いことが最も大きな原因と考えられる。更に、短波

長の AlGaInP 系半導体レーザでは、端面の光吸収を抑制した NAM (Non-Absorbing Mirror) 構造が高出力レーザでは一般的に用いられている。ところが、最近の結晶成長装置や原材料の純度向上により、AlGaAs 結晶の品位は極めて高く、結晶品位が劣化の第一原因とは考え難い。特に、VCSEL はへき開端面を有さず、活性層が露出しないため、端面起因の劣化もない。

【0007】

ただし、上記特許文献 1 に記載されているようなリッジ型の VCSEL では活性領域がエッチングで除去されるため、この表面での酸化の影響がある可能性がある。これに対して最近では、活性領域をエッチング除去しないイオン注入型か選択酸化型の電流狭窄構造を有する VCSEL が一般的となっている。前者は、電流注入領域以外の領域に活性領域上部までプロトン等をイオン注入して、その領域を絶縁化して電流を中央の発振領域に狭窄するものである。後者は、積層した AlAs あるいは高 Al 組成の AlGaAs を周囲から選択酸化することにより絶縁化して電流狭窄を行う。この際周囲をエッチング除去する必要があるが、エッチングで活性層が露出した部分から電流狭窄する選択酸化部が奥深くまで存在するため、活性層露出部での非発光再結合の影響はほとんど無い。また、選択酸化のためのエッチングを活性層上部で止めて、活性層を露出させないようにした構造をとることも可能である。

【0008】

【特許文献 1】

特開平9-1017153号公報

【0009】

【非特許文献 1】

D.Botez、「Proceeding of SPIE」、1999、Vol.3628、p.7

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

上記のことから、AlGaAs を活性層に用いた VCSEL でも、Al の酸化による結晶品質劣化を原因とする信頼性低下の可能性は非常に低いと考えられる。しかしながら、そのような選択酸化型あるいはイオン注入型の電流狭窄層を有

し、AlGaAsを活性層に用いたVCSELにおいても、780nmと850nmとでは、Alを多く含むAlGaAs活性層を有する780nmの素子のほうが、素子劣化が早いという問題がある。

【0011】

また、本発明者は、現在主流になりつつある選択酸化型やイオン注入型のVCSELにおいては、酸化した電流狭窄層は周囲の結晶とは全く異なるAl₂O₃等になっているため、内部でストレスが生じることを見出した。内部ストレスによる結晶品質低下はレーザの信頼性を低下させるという問題がある。

【0012】

本発明は上記事情に鑑みて、発振波長帯が730～820nmの範囲の面発光型半導体レーザ素子において、信頼性が高い面発光型半導体レーザ素子を提供することを目的とするものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明の面発光型半導体レーザ素子は、GaAs基板上に少なくとも下部半導体多層膜からなる光共振器ミラー、活性層、選択酸化型またはイオン注入型の電流狭窄層および上部半導体多層反射膜からなる光共振器ミラーをこの順に積層してなる半導体層と、活性層に電流を注入する一対の電極とを備えてなり、半導体層の積層面に平行な表面からレーザ光を発する面発光型半導体レーザ素子において、活性層がInGaAsPからなる量子井戸を有し、量子井戸に隣接して量子井戸より禁制帯幅が大きいInGaPまたはInGaAsPからなる層を有し、光共振器ミラーがいずれもAlGaAsからなることを特徴とするものである。

【0014】

量子井戸およびInGaPまたはInGaAsPからなる層は、いずれもGaAsに格子整合する組成であることが望ましい。

【0015】

量子井戸がGaAsに対して圧縮歪を有する組成であり、InGaPまたはInGaAsPからなる層がGaAsに格子整合する組成であってもよい。

【0016】

量子井戸がGaAsに対して圧縮歪を有する組成であり、InGaPまたはInGaAsPからなる層がGaAsに対し引張り歪を有する組成であってもよい。

【0017】

量子井戸がGaAsに対し引張り歪を有する組成であり、InGaPまたはInGaAsPからなる層がGaAsに格子整合する組成であってもよい。

【0018】

量子井戸がGaAsに対し引張り歪を有する組成であり、前記InGaPまたはInGaAsPからなる層がGaAsに対して圧縮歪を有する組成であってもよい。

【0019】

InGaPまたはInGaAsPからなる層は、障壁層であってもよい。

【0020】

InGaPまたはInGaAsPからなる層は、スペーサ層であってもよい。レーザ光の発振波長帯は730nmから820nmまでの範囲であることが望ましい。さらには、770nmから800nmまでの範囲であることが望ましい。

【0021】

前記「選択酸化型の電流狭窄層」とは、選択的に酸化しやすい例えばAlAsや高Al組成のAlGaAs半導体層の電流注入以外の領域の一部が酸化されて絶縁化あるいは半絶縁化されてなり、活性層に注入される電流を狭窄する層を示す。

【0022】

また、「イオン注入型の電流狭窄層」とは、半導体層の電流注入以外の領域の一部にプロトン等のイオンが注入されて絶縁化あるいは半絶縁化されてなり、活性層に注入される電流を狭窄する層を示す。

【0023】

また、上記「GaAsに格子整合する」とは、GaAs基板の格子定数を c_s とし、各層の格子定数を c とすると $(c - c_s) / c_s$ で表される値が ± 0.003 以下であることを示す。

【0024】

また、「GaAsに対して圧縮歪を有する」とは、その格子定数がGaAsの格子定数より大きく、上記値が、0.003より大きいことを示し、「GaAsに対して引張り歪を有する」とは、その格子定数がGaAsの格子定数より小さく、上記値が-0.003より小さいことを示す。

【0025】

【発明の効果】

本発明の面発光型半導体レーザ素子によれば、活性層がInGaAsPからなる量子井戸を有し、量子井戸に隣接してInGaPまたはInGaAsPからなる層を有することにより、選択酸化型またはイオン注入型の電流狭窄層による歪の影響を回避することができるので、歪による結晶品質低下を防止でき、高い信頼性を得ることができる。

【0026】

これは、本願発明者らによって、端面発光型の半導体レーザ素子において、活性層外部から印加される歪に対して、InGaAsP/InGaP活性層が信頼性の点から耐性を有することを見出したことによるものである。以下に詳細を示す。

【0027】

n-GaAs基板 ($S_i = 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) 上に設けられた、n-GaAsバッファ層 (厚さ $0.2 \mu\text{m}$ 、 $S_i = 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)、n-Al_{0.6}Ga_{0.4}Asクラッド層 (厚さ $1.5 \mu\text{m}$ 、 $S_i = 8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$)、アンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}As光ガイド層 (厚さ $0.2 \mu\text{m}$)、アンドープAl_{0.08}Ga_{0.92}As単一量子井戸活性層 (厚さ 10 nm 、波長 810 nm 、GaAs基板に格子整合する)、アンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}As光ガイド層 (厚さ $0.2 \mu\text{m}$)、p-Al_{0.6}Ga_{0.4}Asクラッド層 (厚さ $1.5 \mu\text{m}$ 、 $Z_n = 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)、p-GaAsキャップ層 (厚さ $0.2 \mu\text{m}$ 、 $Z_n = 5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$)、幅 $50 \mu\text{m}$ のストライプ状の電流注入領域に開口を有するSiO₂膜およびTi/Pt/Auからなるp側電極と、基板の裏面に設けられたAuGe/Auからなるn側電極とからなる半導体レーザ素子(A)と、半導体レーザ素子(A)の構成において、光

ガイド層を InGaP とし、量子井戸活性層を InGaAsP とし、その他は同じ構成とした半導体レーザ素子 (B) とを、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) により作製した。2つの半導体レーザ素子は、いずれも $750\ \mu\text{m}$ の共振器長を有し、前端面には反射率 30%、後端面には反射率 95% のコーティングが施されており、接合面を CuW ヒートシンク上に AuSn はんだにてボンディングされている。

【0028】

これら 2つの半導体レーザ素子を、環境温度 50°C において $500\ \text{mW}$ 一定出力にてエージング試験した際の駆動電流の経時変化を測定したところ、図 4 に示すように、 AlGaAs 活性層の半導体レーザ素子 (A) は、1000 時間以内に全て発振停止したが、 InGaAsP 活性層の半導体レーザ素子 (B) は、長期で安定して動作した。はんだ材料として柔らかく組成変形する In を用いた場合は、チップにかかるストレスが小さいためこのような差が見られず、この差は AuSn はんだによる外部ストレスに起因するものである。この結果、 InGaAsP 活性層と InGaP あるいは InGaAsP 光ガイド層の組合せは、 AlGaAs 活性層の素子と比べて外部ストレスに対して強いことが明らかとなった。

【0029】

また、本発明によれば、量子井戸に隣接して InGaP または InGaAsP からなる層を設けることにより、良好な結晶を得ることが難しい光共振器ミラーの AlGaAs と量子井戸の InGaAsP とが接触した領域が形成されるのを防止でき、活性層界面で良好な結晶品質を得ることができるので、高い信頼性を得ることができる。

【0030】

量子井戸および InGaP または InGaAsP からなる層がいずれも GaAs に格子整合する組成である場合は、良好な結晶品質を得ることができるので、高い信頼性を得ることができる。

【0031】

量子井戸が GaAs に対して圧縮歪を有する組成であり、 InGaP または InGaAsP

nGaAsP からなる層がGaAs に対し引張り歪を有する組成である場合は、量子井戸の圧縮歪を障壁層の引張り歪で補償することができ、結晶性を向上させることができ、良好なレーザ特性を得ることができる。

【0032】

量子井戸がGaAs に対し引張り歪を有する組成であり、InGaP または InGaAsP からなる層がGaAs に対して圧縮歪を有する組成である場合も、量子井戸の引張り歪を障壁層の圧縮歪で補償することができ、結晶性を向上させることができ、良好なレーザ特性を得ることができる。

【0033】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて詳細に説明する。

【0034】

本発明の第1の実施の形態の面発光型半導体レーザについて説明する。その半導体レーザの断面図を図1に示す。

【0035】

本実施の形態の面発光型半導体レーザは、図1に示すように、n型GaAs 基板11上に、n型GaAs バッファ層12（厚さ100nm、 $S_i = 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）、n型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As} / \text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 下部半導体多層反射膜13（ $1/4$ 波長相当の厚みの高反射膜と低反射膜を1周期として38.5周期積層したもの、 $S_i = 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）、アンドープInGaP スペーサ層14、アンドープInGaAsP 量子井戸層（10nmを3層、発振波長780nm）とアンドープInGaP 障壁層（厚さ5nmの層を2層）とからなる量子井戸活性層15、アンドープInGaP スペーサ層16、p型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ スペーサ層17（ $C = 8 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ）、p型AlAs 層18（ $1/4$ 波長相当の厚み、 $C = 2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）、p型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ スペーサ層19、p型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As} / \text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 上部半導体多層反射膜20（ $1/4$ 波長相当の厚みの高反射膜と低反射膜を1周期として28周期積層したもの、 $C = 2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ）、およびp型GaAs コンタクト層21（10nm、 $C = 5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ）を順次MOCVD法により積層する。

【0036】

本実施の形態では、InGaP層およびInGaAsP層は全てGaAs基板と格子整合する組成である。

【0037】

次に、p型コンタクト層21の発光領域に対応する領域をエッチング除去する。発振領域を形成するために、直径(r_2) $50\mu\text{m}$ の円柱状の領域を残すように、その周辺の領域を下部半導体多層反射膜の一部まで除去する。加熱水蒸気を導入した炉中にて熱処理(390°C 、10分間)することにより、p型AlAs層18の電流注入領域以外の領域18aを選択酸化し、直径 $12\mu\text{m}$ (r_1)の円形の非酸化の電流注入領域を形成する。

【0038】

次に、円柱状にエッチングで除去した領域に SiO_2 による保護膜22を形成した後、電流注入領域に対応する領域をの SiO_2 膜を除去し、Ti/Pt/Auをこの順に積層してなるp側電極23、AuGe/Ni/Auをこの順に積層してなるn側電極24を形成する。

【0039】

スペーサ層は、下部半導体多層反射膜と上部半導体多層反射膜とで挟まれた層の光学的な厚みを調整して、定在波の腹の部分が活性層と重なるように設定して低しきい値化する効果を有する。

【0040】

本実施の形態では、スペーサ層として、活性層15の基板側には、アンドープInGaPスペーサ層14を用い、活性層15の基板と反対側には、アンドープInGaPスペーサ層16、p型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ スペーサ層17およびp型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ スペーサ層19からなるものを用いている。活性層15のアンドープInGaAsP量子井戸層と接してAlGaAsからなる層(ここではn型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ /Al $_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 下部半導体多層反射膜13とp型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ スペーサ層17)が存在すると良好な結晶界面を得ることが困難であるが、アンドープInGaPスペーサ層14および16を設けることにより、InGaAsP量子井戸層の界面を良好なものとすることができ、信頼性を向上させることが

できる。

【0041】

また、p型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ スペーサ層17およびp型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ スペーサ層19の間に電流狭窄層となる AlAs 層18を配置することにより、 AlAs 層と AlGaAs 層との界面での選択酸化特性が良好となり、高精度な電流狭窄を行うことができる。

【0042】

また、p型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ スペーサ層17およびp型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ スペーサ層19の組成は、いずれも InGaP または InGaAsP 、あるいは InGaAsP と InGaP との組合せであってもよい。

【0043】

なお、アンドープ InGaP スペーサ層14および16の組成は、アンドープ InGaP の代わりにアンドープ InGaAsP であってもよい。

【0044】

また、アンドープ InGaP スペーサ層14および16を配置する代わりに、障壁層の数を4として活性層の両端が障壁層となるようにアンドープ InGaP またはアンドープ InGaAsP からなる障壁層を配置してもよい。

【0045】

本実施の形態では、 GaAs 基板裏面にn側電極を形成したが、円柱状の領域を形成するためにエッチングする際にn型層の一部までエッチングして、エッチングにより露出されたn型層上にn側電極を形成してもよい。例えば、本実施の形態では、露出したn型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ / $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 下部半導体多層反射膜13上にn側電極を形成してもよい。

【0046】

本実施の形態においては、MOCVD法による結晶成長を用いたが、固体あるいはガスソースを使ったMBE法を用いることもできる。

【0047】

また、量子井戸の層数は3個としたが、1個の単一量子井戸でも2個以上の多重量子井戸でもよい。

【0048】

保護膜22としては、 SiO_2 以外に、 Al_2O_3 、または Si_xN_y 等を用いることが可能である。

【0049】

また、p側電極としては Cr/Au をこの順に積層してなるもの、 AuZn/Au をこの順に積層してなるもの等、n側電極としては AuGe/Au をこの順に積層してなるもの等を用いることもできる。

【0050】

また、電流狭窄方式として、p型 AlAs 層19の電流注入領域以外の領域を酸化させる選択酸化型を示したが、電流注入領域以外の領域にプロトンイオン等を注入して絶縁化あるいはその他のイオンを注入して半絶縁化した電流狭窄構造を用いることも可能である。

【0051】

上記のようにして作製された本実施の形態の半導体レーザ素子は、 GaAs 基板11上にn型 GaAs バッファ層12、n型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}/\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 下部半導体多層反射膜13、アンドープ InGaP スペーサ層14、アンドープ InGaAsP 量子井戸層とアンドープ InGaP 障壁層とからなる量子井戸活性層15、アンドープ InGaP スペーサ層16、p型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ スペーサ層17、p型 AlAs 層18の電流注入領域以外の領域18aが酸化されてなる電流狭窄層、p型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ スペーサ層19、p型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}/\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 上部半導体多層反射膜20およびp型コンタクト層21をこの順に積層してなる半導体層と、活性層15に電流を注入する一対の電極（p側電極23とn側電極24）とを備えてなるものであり、p型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}/\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 上部半導体多層反射膜20の表面からレーザ光を発するものである。本実施の形態の面発光型半導体レーザ素子は、電流狭窄層の AlAs が酸化されてできた Al_2O_3 による歪の影響を InGaAsP 量子井戸と InGaP 障壁層により回避することができるので、高い信頼性を得ることができる。n型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}/\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 下部半導体多層反射膜13およびp型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}/\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 上部半導体多層反射膜20はそれぞれ光共振器ミラーであ

り、2つのミラーで光共振器を構成している。

【0052】

本実施の形態では、発光領域が円柱状に突出した形状としたが、図2に示すように、例えば内径(r_2) $50\mu\text{m}$ 、外径(r_3) $80\mu\text{m}$ のドーナツの溝を形成して、溝外側の半導体層の高さと円柱状の領域の高さが同じになるような素子としてもよい。同じ高さとすることにより、その後の製造工程での取扱い、素子を実装する際のワイヤボンディング等に有利となる。

【0053】

なお、本実施の形態では、発光領域が1つの場合について説明したが、ドーナツ状の溝が複数形成して、1素子内に複数の発光領域を有する素子としてもよい。

【0054】

次に、本発明の第2の実施の形態の半導体レーザについて説明する。その半導体レーザの断面図を図3に示す。

【0055】

本実施の形態による半導体レーザは、図3に示すように、n型GaAs基板31上に、n型GaAsバッファ層32(厚さ 100nm 、 $S_i = 1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)、n型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ / $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 下部半導体多層反射膜33(1/4波長相当の厚みの高反射膜と低反射膜を1周期として40.5周期積層したもの、 $S_i = 1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)、アンドープInGaPスペーサ層34、アンドープInGaAsP量子井戸層(8nmを4層、発振波長 780nm)とアンドープInGaP障壁層(厚さ5nmの層を3層)とからなる量子井戸活性層35、アンドープInGaPスペーサ層36、p型AlAs層37(1/4波長相当の厚み、 $C = 2 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)、p型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ スペーサ層38、p型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ / $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 上部半導体多層反射膜39(1/4波長相当の厚みの高反射膜と低反射膜を1周期として29周期積層したもの、 $C = 2 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$)、p型GaAsコンタクト層40(10nm 、 $C = 1 \times 10^{20}\text{cm}^{-3}$)を順次MOCVD法により積層する。

【0056】

本実施の形態では、InGaPおよびInGaAsP層は全てGaAs基板と格子整合している。

【0057】

次に、p型コンタクト層40の発光領域に対応する領域をエッチング除去する。発振領域を形成するために、直径(r_2) $30\mu\text{m}$ の円柱状の領域を残してその周辺の領域37aをp型AlAs層37まで除去する。加熱水蒸気を導入した炉中に熱処理(390°C 、8分間)することにより、p型AlAs層37を選択酸化し、直径 $8\mu\text{m}$ (r_1)の非酸化領域を形成する。

【0058】

次に、円柱状に成形された領域上に SiO_2 による保護膜41を形成し、電流注入領域に対応する領域の保護膜41を除去し、Ti/Pt/Auをこの順に積層してなるp側電極42を形成する。n型GaAs基板31の裏面にAuGe/Ni/Auをこの順に積層してなるn側電極43を形成する。

【0059】

p型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ スペーサ層38は、下部半導体多層反射膜33と上部半導体多層反射膜39とで挟まれた層の光学的な厚みを調整して、定在波の腹の部分が活性層と重なるように設定する。

【0060】

上記のようにして作製された面発光型半導体レーザ素子は、n型GaAs基板31上にn型GaAsバッファ層32、n型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}/\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 下部半導体多層反射膜33、アンドープInGaPスペーサ層34、アンドープInGaAsP量子井戸層とアンドープInGaP障壁層とからなる量子井戸活性層35、アンドープInGaPスペーサ層36、p型AlAs層37の電流注入領域以外の領域37aが酸化されてなる電流狭窄層、p型 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ スペーサ層38、p型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}/\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 上部半導体多層反射膜39およびp型コンタクト層40をこの順に積層してなる半導体層と、量子井戸活性層35に電流を注入する一対の電極(p側電極42とn側電極43)とからなるものであり、p型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}/\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 上部半導体多層反射膜39の表面からレーザ光を発するものである。n型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}/\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$

下部半導体多層反射膜33およびp型 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}/\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 上部半導体多層反射膜39はそれぞれ光共振器ミラーであり、2つのミラーで光共振器ミラーを構成している。本実施の形態においても、上記第1の実施の形態同様に、 InGaAsP 量子井戸と InGaP 障壁層とからなる活性層により、電流狭窄層の歪による劣化の加速を防止することができるので、高い信頼性を得ることができる。

【0061】

上記2つの実施の形態では、障壁層に InGaP の三元混晶を用いたが、障壁層の一部または全部に InGaAsP の四元混晶を用いてもよい。四元混晶を用いて、成長温度あるいは基板の結晶方位等の結晶成長条件を調整することにより、 As を若干（約5%以下）含む InGaAsP 層の方が InGaP より表面の平坦性が向上する場合があります、平坦性の改善効果により発光効率の向上や劣化速度の低下の効果を得ることができる。

【0062】

また、上記2つの実施の形態では、量子井戸層および障壁層は、 GaAs に格子整合する InGaAsP あるいは InGaP としたが、量子井戸は GaAs に対して圧縮歪を有する InGaAsP とし、障壁層は GaAs に格子整合する InGaAsP または InGaP としてもよい。

【0063】

また、量子井戸は GaAs に対して圧縮歪を有する InGaAsP とし、障壁層は GaAs に対し引張り歪を有する InGaAsP または InGaP としてもよい。

【0064】

量子井戸は GaAs に対し引張り歪を有する InGaAsP とし、障壁層は GaAs に格子整合する InGaAsP または InGaP としてもよい。

【0065】

量子井戸は GaAs に対し引張り歪を有する InGaAsP とし、障壁層は GaAs に対して圧縮歪を有する InGaAsP または InGaP としてもよい。また、本発明の面発光型半導体レーザ素子によれば、性能および量産性に優れた

選択酸化型あるいはイオン注入型の電流狭窄構造を有する VCSEL において高信頼性化することができることから、自動車、家庭、HDTV 等における 1 Gbps を超える高速光ファイバー通信の実用化を促進することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態による面発光型半導体レーザ素子の断面図

【図 2】

第 1 の実施の形態による面発光型半導体レーザ素子の変形例を示す断面図

【図 3】

本発明の第 2 の実施の形態による面発光型半導体レーザ素子の断面図

【図 4】

端面発光型の、AlGaAs 活性層を有する半導体レーザ素子 (A) および InGaAsP 活性層を有する半導体レーザ素子 (B) の経時信頼性試験結果を示すグラフ

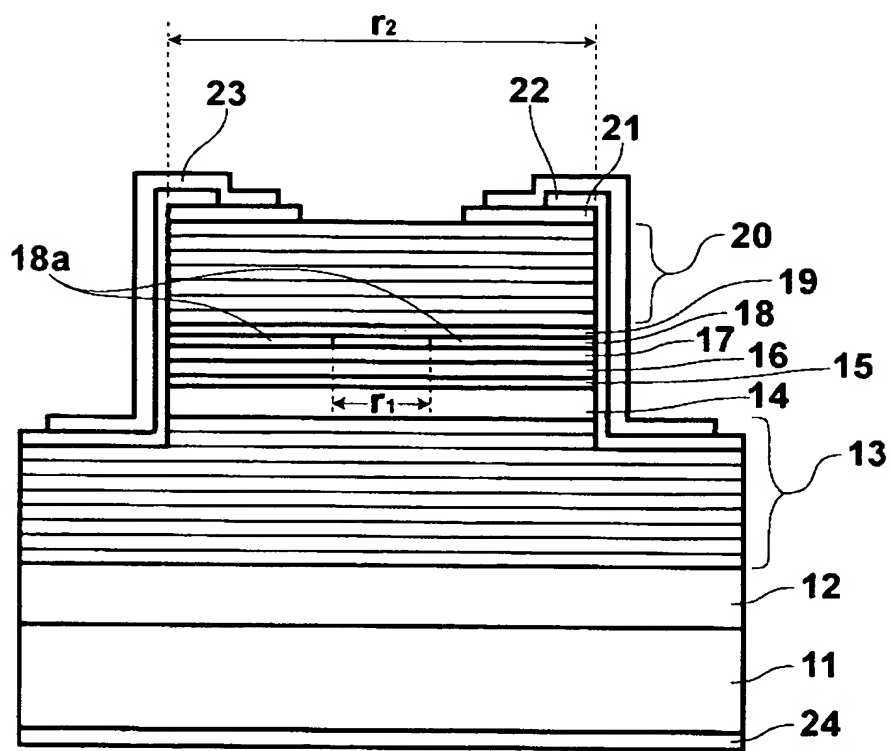
【符号の説明】

- 11 n 型 GaAs 基板
- 12 n 型 GaAs バッファ層
- 13 n 型 Al_{0.9}Ga_{0.1}As / Al_{0.3}Ga_{0.7}As 下部半導体多層反射膜
- 14 アンダーブ InGaP スペーサ層
- 15 アンダーブ InGaAsP 量子井戸層とアンダーブ InGaP 障壁層とからなる量子井戸活性層
- 16 アンダーブ InGaP スペーサ層
- 17 p 型 Al_{0.5}Ga_{0.5}As スペーサ層
- 18 p 型 AlAs 層
- 19 p 型 Al_{0.5}Ga_{0.5}As スペーサ層
- 20 p 型 Al_{0.9}Ga_{0.1}As / Al_{0.3}Ga_{0.7}As 上部半導体多層反射膜
- 21 p 型コンタクト層

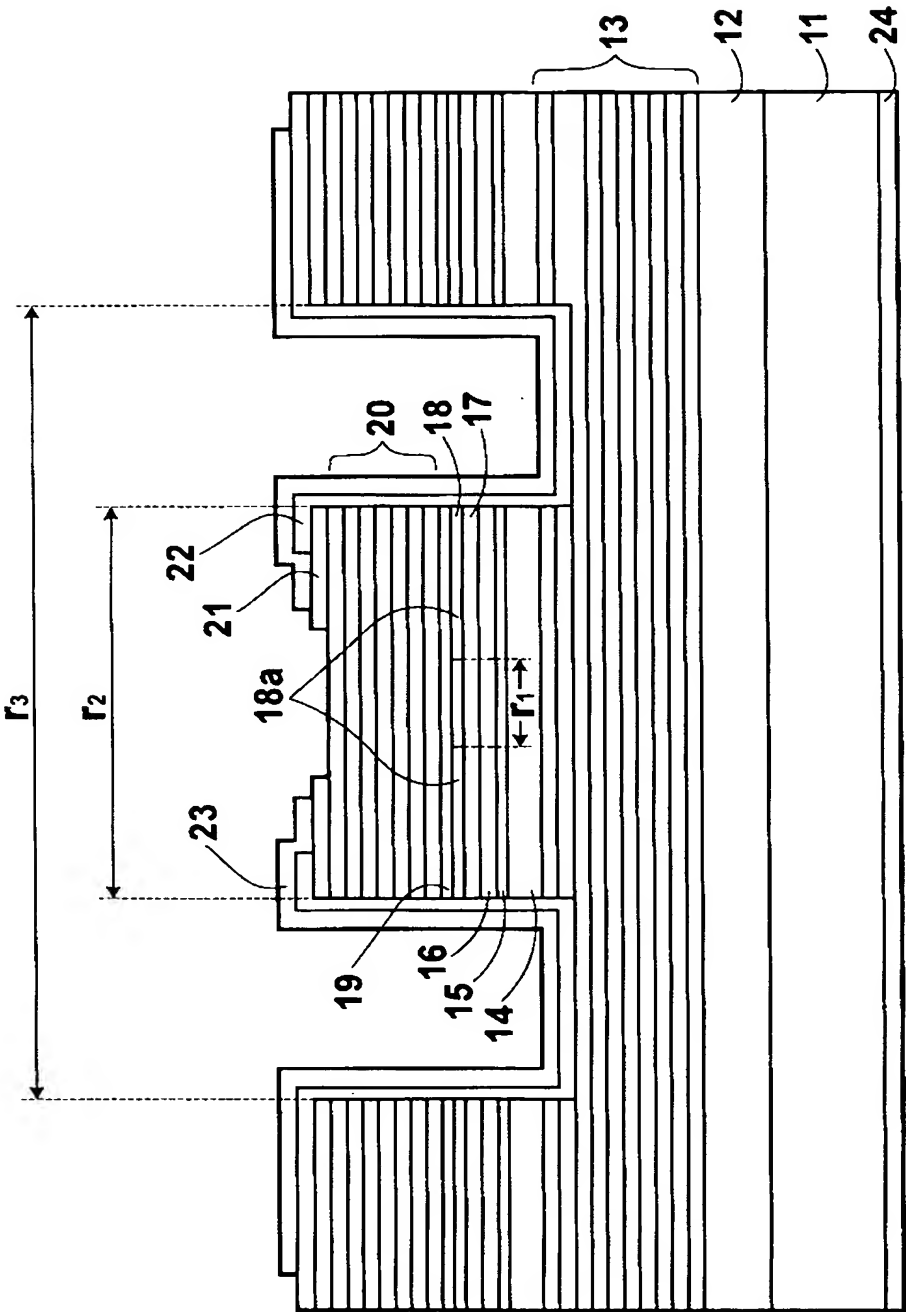
- 22 S i O₂保護膜
- 23 T i / P t / A u からなる p 側電極
- 24 A u G e / N i / A u からなる n 側電極

【書類名】 図面

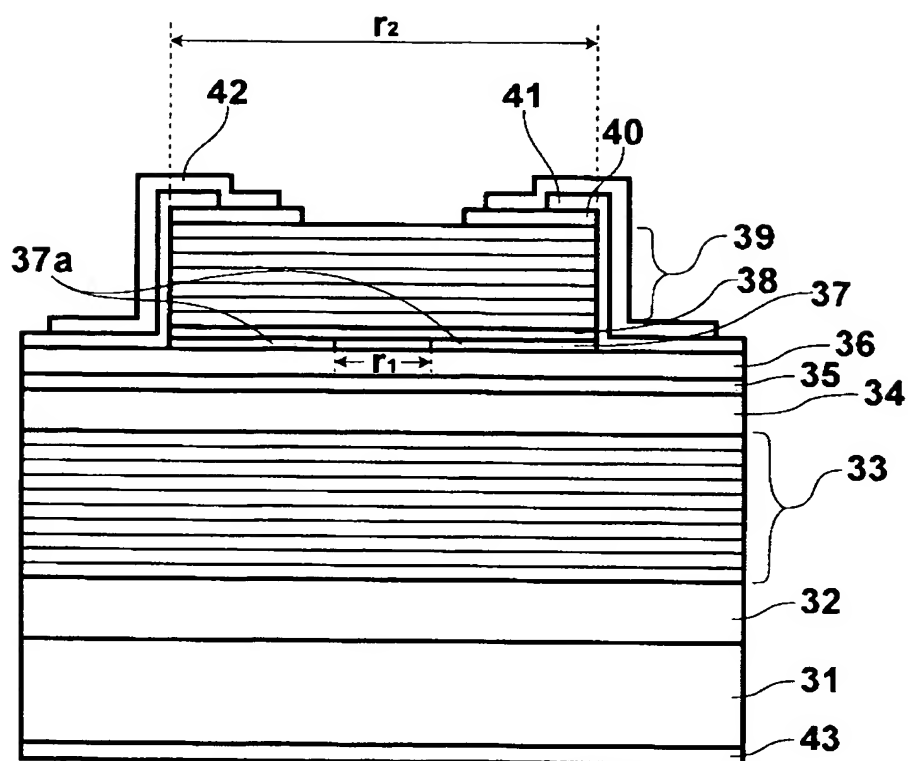
【図 1】



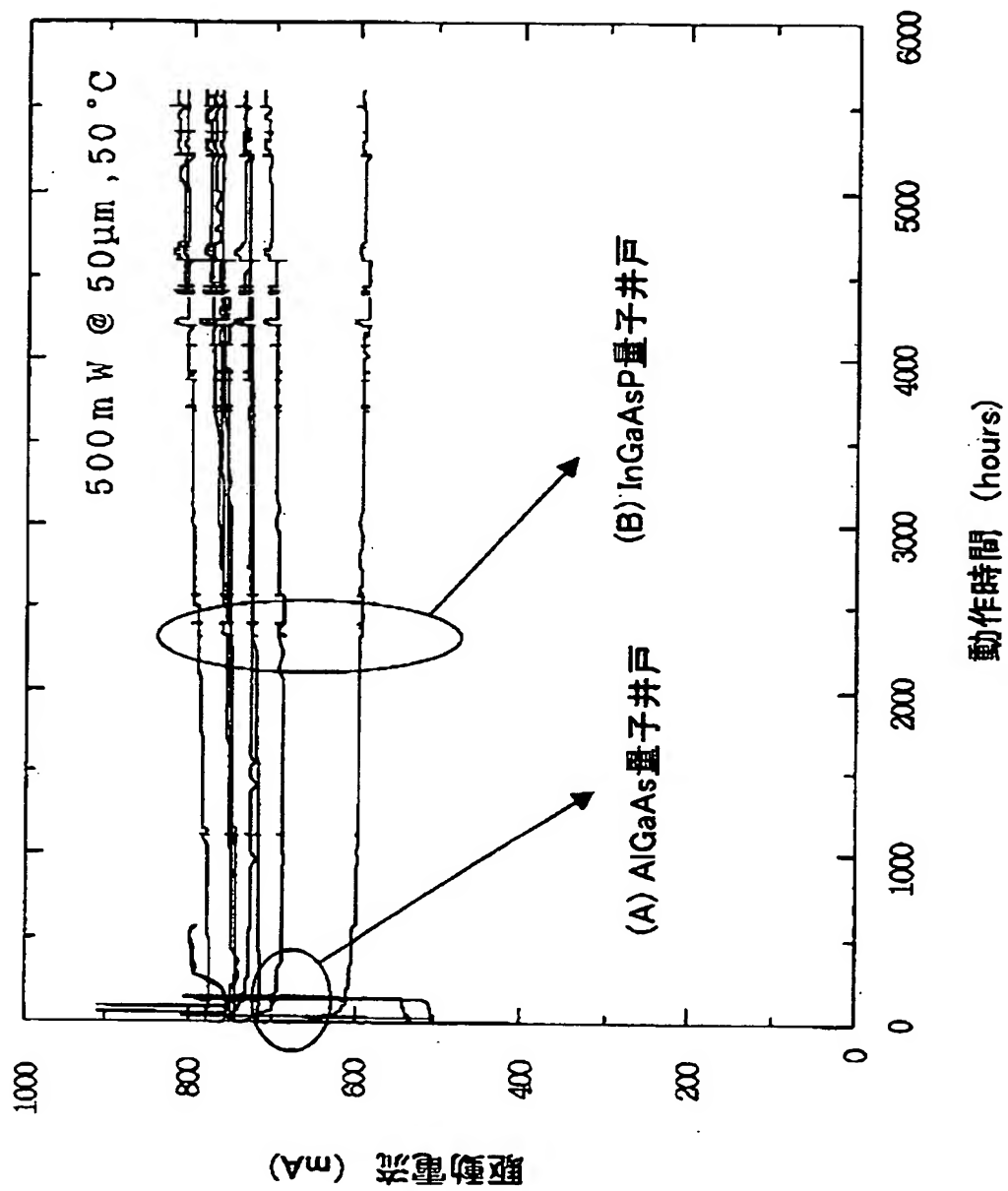
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 780nm帯の面発光型半導体レーザ素子において、高い信頼性を得る。

【解決手段】 n型GaAs基板11上に、n型GaAsバッファ層12、n型Al_{0.9}Ga_{0.1}As／Al_{0.3}Ga_{0.7}As下部半導体多層反射膜13、アンドープInGaPスペーサ層14、アンドープInGaAsP量子井戸層とアンドープInGaP障壁層とからなる量子井戸活性層15、アンドープInGaPスペーサ層16、p型Al_{0.5}Ga_{0.5}Asスペーサ層17、p型AlAs層18、p型Al_{0.5}Ga_{0.5}Asスペーサ層19、p型Al_{0.9}Ga_{0.1}As／Al_{0.3}Ga_{0.7}As上部半導体多層反射膜20、p型コンタクト層21を順次積層する。次に、p型コンタクト層21を発光領域の上部をエッチング除去し、さらに下部半導体多層反射膜13の一部までエッチングして直径50μmの円柱状の領域を形成した後、p型AlAs層18の電流注入領域以外の領域18aを選択酸化する。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-074904
受付番号	50300446090
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0091
作成日	平成15年 4月 1日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年 3月19日
【特許出願人】	
【識別番号】	000005201
【住所又は居所】	神奈川県南足柄市中沼 210 番地
【氏名又は名称】	富士写真フイルム株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100073184
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3-18-3 新横浜 K S ビル 7 階
【氏名又は名称】	柳田 征史
【選任した代理人】	
【識別番号】	100090468
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3-18-3 新横浜 K S ビル 7 階
【氏名又は名称】	佐久間 剛

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 7 4 9 0 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 0 1]

1. 変更年月日
[変更理由]

1 9 9 0 年 8 月 1 4 日
新規登録

住 所
氏 名

神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地
富士写真フイルム株式会社